

郑州市河道沉积物中微塑料的污染特征*

宋丹丹, 王秀莉, 尚玉俊**, 庞海岩, 宋晓宇, 庄玉伟, 郭辉, 张倩, 张金玉

(河南省科学院高新技术研究中心, 河南 郑州 450002)

摘要: 本文以郑州市主要河道沉积物为研究对象,利用密度浮选法分离提取沉积物中的微塑料,采用显微镜及傅里叶变换显微红外光谱仪(μ -FTIR)分析微塑料的丰度、组成、形状、尺寸分布特征。结果表明:郑州市7条主要河道沉积物中微塑料丰度为(以干重计):(2 412 $\pm$ 188)~(7 638 $\pm$ 1 312)个 $\cdot$ kg $^{-1}$,平均丰度为(以干重计):(4 388 $\pm$ 713)个 $\cdot$ kg $^{-1}$;微塑料形状主要为碎片状、纤维状、薄膜状和球状;微塑料组成类型为:聚丙烯、聚乙烯、聚乙烯聚丙烯共聚物、聚苯乙烯、聚酯树脂、聚氯乙烯、乙烯-丙烯酸共聚物;多数河道沉积物中的小尺寸微塑料(粒径 <1 mm)占比在80%以上。相对于国内外其他城市河道,郑州市河道沉积物中微塑料污染为中高污染水平。

关键词: 微塑料;城市河道;沉积物;丰度;类型;尺寸

中图法分类号: X522

文献标志码: A

文章编号: 1672-5174(2022)03-099-07

DOI: 10.16441/j.cnki.hdxh.20210112

引用格式: 宋丹丹,王秀莉,尚玉俊,等.郑州市河道沉积物中微塑料的污染特征[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2022,52(3):99-105.

Song Dandan, Wang Xiuli, Shang Yujun, et al. Characteristics of microplastic pollution in sediments of Zhengzhou Urban Rivers[J]. Periodical of Ocean University of China, 2022, 52(3): 99-105.

塑料产品以其质轻便携、经久耐用、价格低廉等特点,在食品包装、工农业和医疗等方面得到广泛的应用^[1]。然而,随着塑料产量的不断增加、塑料回收率低及塑料污染物的不合理处理导致其在环境中的积累量越来越大^[2]。据统计,2016年全球塑料污染超过3亿吨每年^[3],平均每年有800万吨塑料被倾倒入海洋中^[4]。目前,塑料污染已遍及陆地、河流和海洋^[5],导致了环境中的白色污染,并且这些塑料污染物极难降解,可以在环境中残留数十年乃至几百年。环境中的塑料在长期的物理、化学和生物的作用下,会发生降解、脆化和破碎,逐渐地分解为尺寸小于5 mm的塑料颗粒或碎片,被定义为微塑料^[6-9]。近年来,国内外对微塑料进行了大量的研究^[10-11],但大多数集中于海洋环境^[12]。据报道,海洋环境中的微塑料主要来自于陆源微塑料的输入^[13],而河流是将微塑料从陆域传输到海洋的重要途径,城市河流由于受人类活动影响较大,常显示出更高的微塑料赋存水平与污染风险^[14]。

相比于海洋环境中微塑料研究积累的大量数据,

淡水环境收集的微塑料数据还较少,对微塑料污染问题认识较为有限^[15-16]。迄今为止,淡水生态系统中的微塑料数据主要集中在湖泊环境中,如五大湖^[17]、鄱阳湖^[18]、太湖^[15]等湖泊。淡水水体中的微塑料污染情况比河口水域、海洋沿海水域更为严重,淡水环境中的微塑料丰度较海洋环境中的微塑料浓度一般高出几个数量级。Zhao等^[19]调查发现长江口表层水体的微塑料丰度为(4 137.3 $\pm$ 2 461.5)个 $\cdot$ m $^{-3}$,远远高于其附近海域微塑料丰度((0.167 $\pm$ 0.138)个 $\cdot$ m $^{-3}$)。罗文雅^[20]系统研究了不同水体中微塑料的空间分布特点,发现淡水水域中微塑料丰度(1.8~2.4个 $\cdot$ L $^{-1}$)高于河口和海洋近岸水域(0.9个 $\cdot$ L $^{-1}$),城市河道中的苏州河和黄浦江中微塑料丰度从上游到下游呈现出逐渐增加的趋势,并且微塑料污染峰值更靠近市区中心和河口长江口水域。徐沛等^[21]通过对长江口及其邻近海域表层沉积物中微塑料调查发现,微塑料在该区域枯季和洪季的平均浓度分别为(111.2 $\pm$ 10.8)和(200.0 $\pm$ 17.3)个 $\cdot$ kg $^{-1}$ 。因此,进一步研究不同地区城市河流

* 基金项目:河南省重点研发与推广专项(科技攻关)项目(212102310080);中央公益性科研院所河南省科学院基本科研费(追加)项目(200602071);河南省科学院杰青人才培养项目(200402002)资助

Supported by the Key Research and Development Program (Scientific and Technological Project) of Henan Province(212102310080); the Fundamental Research Funds for the Central Universities(200602071); Henan Academy of Sciences Fund for Distinguished Young Scholars(200402002)

收稿日期:2021-03-17; 修订日期:2021-04-26

作者简介:宋丹丹(1985—),女,博士生,主要研究方向为污染物环境行为与效应。E-mail:dandansong2008@163.com

** 通讯作者:E-mail:ssyj72@163.com

微塑料污染状况,不但可以补充城市河流微塑料污染数据,而且能够为后续针对微塑料污染的削减管控提供科学依据。

郑州市是一个典型的内陆城市,地跨黄河、淮河两大流域,共有大小河流 124 条,流域面积较大的河流 29 条,其中黄河流域 6 条,淮河流域 23 条,过境河流主要有黄河、伊洛河。郑州市作为重要的经济快速发展区,河流环境深受人类活动的影响。在人流密集的河岸及水面上,随处可见到遗弃的塑料垃圾,这些塑料废物通过地表径流及水力作用等方式最终在河道中堆积,逐渐分解成微小的塑料碎片,造成河道微塑料的污染。目前,还没有关于郑州市河道微塑料污染状况的研究报道。因此,以郑州市主要河道沉积物为研究对象,研究分析主要河道中微塑料的污染状况,对于了解内陆城市河流微塑料的污染现状将具有很高的借鉴意义。

1 材料与方法

1.1 研究区域和样品采集

研究区域为河南省郑州市域内的 7 条主要城市河道(东风渠、潮河、十八里河、索须河、贾鲁河、七里河、熊儿河)(见图 1),采样站点地理位置见表 1。样品采集于 2020 年 6 月 25—26 日进行,采用 GPS 记录采样点坐标,利用 ETC-200 型抓泥斗采集河道表层沉积物,每个站点采集 3 个平行样。样品采集后储存于铝箔袋中,带回实验室,于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中进行保存,并尽快处理。



图 1 郑州市不同区域河道采样站点分布图

Fig.1 Sampling sites in Zhengzhou urban rivers

表 1 不同河道采样站点地理位置信息

Table 1 Geographical location of each sampling sites in this study

采样站点 Sampling sites	经度 Longitude/ $^{\circ}\text{E}$	纬度 Latitude/ $^{\circ}\text{N}$
十八里河	113.713 355	34.721 184
潮河	113.808 431	34.708 041
东风渠	113.694 405	34.802 717
熊儿河	113.738 096	34.771 482
贾鲁河	113.699 282	34.864 216
七里河	113.751 834	34.757 755
索须河	113.676 457	34.895 753

1.2 沉积物中微塑料的分离提取

沉积物中微塑料的提取采用密度浮选法,浮选方式采用溢出法^[22]。将每个站点采集的 3 个平行沉积物样品解冻后混合均匀,于烘箱里内 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 干燥至恒重;称取 100 g 土壤样品分别经过 18 目和 4 目的标准不锈钢筛将一定量的沉积物样品进行筛分,收集尺寸在 $1\sim 5\text{ mm}$ 的微塑料用肉眼进行检查和统计,筛下沉积物样品($<1\text{ mm}$)进行微塑料密度浮选分离;取一定量的过筛后沉积物置于锥形瓶中,先用饱和 NaCl 溶液进行浮选,再用 ZnCl_2 溶液($1.50\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)对浮选后的样品中进行二次浮选,将第一次和第二次浮选溢出液进行合并后,过 500 目不锈钢筛,用超纯水将筛上物质转移到容量瓶中;向上述收集了微塑料的容量瓶中加入体积比为 $1:2$ 的双氧水(质量百分含量 30%)和浓硝酸(质量百分含量 65%)混合溶液,在恒温水浴槽中进行消解,消解温度为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$,消解时间为 $2\sim 4\text{ h}$;然后将消解液过滤到孔径为 $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 玻璃纤维滤膜上;将上述滤膜放入 ZnCl_2 浮选液中,进行再次浮选,收集溢出液,再次将微塑料过滤到孔径为 $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 硝酸纤维素滤膜上。最后将滤膜置于培养皿中,室温下晾干。每次实验设置一组空白对照,以排除实验过程中微塑料的污染。

1.3 沉积物中微塑料的分析

采用体式显微镜对上述过滤膜样进行观察、拍照,采用 Lovins 显微坐标玻片辅助计数,对微塑料颗粒数量、粒径、形状和颜色特征进行统计;对于疑似微塑料和显微镜不易判别的尺寸较小的颗粒,采用傅里叶变换显微红外光谱仪($\mu\text{-FTIR}$)(NICOLET In10 MX,美国赛默飞世尔科技公司)的透射模式或衰减全反射(ATR)模式进行分析鉴别^[23]。

1.4 数据分析

河道沉积物中微塑料丰度(以干重计)单位以“个 $\cdot\text{kg}^{-1}$ ”表示。对各采样点间的数据,计算均值和

标准偏差,采用 Origin 绘图软件绘制相关结果图。

2 结果与讨论

2.1 河道沉积物中的微塑料丰度特征

各河道采样站位微塑料丰度见图 2,7 条河道沉积物中微塑料丰度范围为(以干重计):(2 412±188)~(7 638±1 312)个·kg⁻¹,平均丰度为(以干重计):(4 388±713)个·kg⁻¹。微塑料丰度由高到低依次为:东风渠>潮河>贾鲁河>十八里河>索须河>熊儿河>七里河,从河道的地理位置来看,河道微塑料污染没有表现出城市内环河道高于外环河道的趋势,这可能是与郑州市定期对内环河道进行河道清淤有关,如郑州市在 2016 年实施了对郑东新区熊儿河、金水河、东风渠及七里河河道清淤工程,2018 年对金水河、熊儿河、东风渠、十八里河部分河段进行了清淤,2020 年对索须河部分河段进行了清淤等。东风渠微塑料污染最为严重,可能是由于东风渠采样点附近为居住区和风景区混合区域,活动人口较多,塑料垃圾(如矿泉水瓶、一次性包装袋)直接遗弃到河道及污染物随雨水径流进入河道较多。将本研究与其他内陆河流研究结果进行比较,结果如表 2 所示,与西安市灞河城市段沉积物中微塑料丰度(以干重计,9 520~25 060 个·kg⁻¹)^[24]和浙江温州温瑞塘河沉积物中微塑料丰度(以干重计,(32 947±15 342)个·kg⁻¹)^[25]相比,郑州市城市河道沉积物中微塑料污染相对较轻;郑州市河道沉积物中微塑料最大丰度低于广州市珠江沿岸沉积物中微塑料的最大丰度(以干重计,9 597 个·kg⁻¹)^[26],平均丰度与上海市市区域的 8 条河道沉积物中微塑料的平均丰度(以干重计,(5 274.3±3 812.5)个·kg⁻¹)^[27]较为接近;与马鞍山市雨山湖和南湖^[28]、鄱阳湖—赣江各支入

湖段^[29]、青岛市墨水河^[30]、泉州市晋江河口^[31]、白洋淀—府河入淀口^[32]等城市河流相比,郑州市主要河道沉积物中微塑料污染较重。总的来看,郑州市河道沉积物中微塑料污染处于中高污染水平。

表 2 研究区域与文献报道的河流沉积物中微塑料丰度比较

Table 2 Comparison of microplastics abundances in the sediments between the study urban rivers and other reported areas in literatures

研究区域 Research area	微塑料丰度 Microplastics abundance /(items·kg ⁻¹ dry sediment)	文献 Literature
西安市灞河	9 520~25 060	[24]
温州市温瑞塘河	32 947±15 342	[25]
广州市珠江	80~9 597	[26]
上海市域河道	5 274.3±3 812.5	[27]
马鞍山市雨山湖和南湖	278.9±529.1(春季) 277.1±395.6(夏季)	[28]
鄱阳湖—赣江各支入湖段	1 936±89	[29]
青岛市墨水河	0~170	[30]
泉州市晋江河口	980±255~2 340±198	[31]
保定市白洋淀—府河入淀口	558.4±233.3	[32]
郑州市域河道	2 412±188~7 638±1 312	本研究

2.2 河道沉积物中的微塑料形貌和组成特征

根据显微镜观察结果,把微塑料分为碎片、纤维、薄膜和球形 4 种形状类型(见图 3),各站位微塑料形状及总体颜色分布特征如图 4 所示,十八里河、潮河、东风渠、熊儿河沉积物中微塑料以碎片状为主,所占比例分别为 63.8%、44.2%、46.6%、72.1%,贾鲁河、七里河沉积物中微塑料以纤维状为主,所占比例分别为 37.2%、38.3%,索须河沉积物中微塑料以薄膜状为主,所占比例为 42.3%。从总的微塑料形状比例来看,碎片状微塑料占比最大,其次为纤维状微塑料,薄膜状和球形微塑料占比相对较少。这一形状分布结果与周泽妍^[32]报道的白洋淀—府河入淀口段沉积物中微塑料的形状分布一致。英国泰晤士河流域沉积物中微塑料碎片占比达 91%^[33]。微塑料颜色以透明色为主,其次为白色。这主要是由于生活中所用塑料产品多以透明和白色为主,也即为塑料污染常称为的“白色污染”。微塑料主要成分为聚丙烯、聚乙烯、聚乙烯聚丙烯共聚物、聚苯乙烯、聚酯树脂、聚氯乙烯、乙烯-丙烯酸共聚物,典型红外谱图如图 5 所示。碎片类微塑料组成多为聚丙烯。纤维类微塑料颜色多为透明色和绿色,多呈线形,成分主要为聚乙烯、聚丙烯及二者的共聚物,

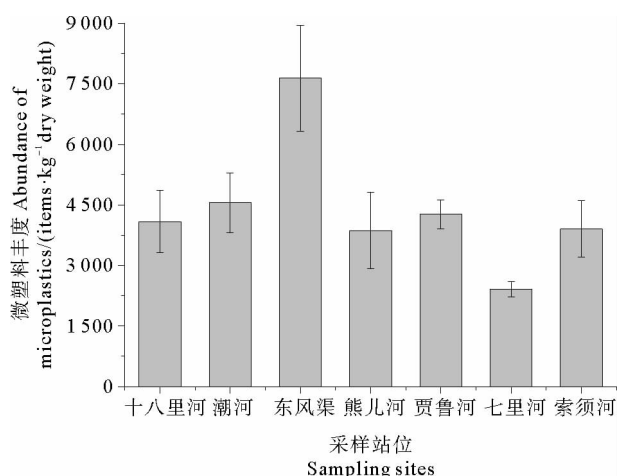
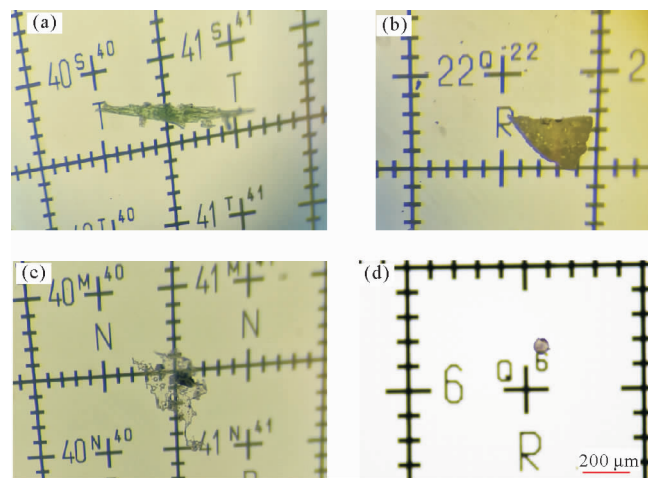


图 2 郑州市主要河道沉积物中微塑料丰度

Fig.2 Abundance of microplastics in the sediments of Zhengzhou urban rivers

主要来源于生活污水中的衣物纤维、养殖网、鱼网和鱼线的碎裂。从贾鲁河沉积物中提取出的微塑料纤维多为绿色,分析其来源主要为一些编织袋、编织绳破损形成的,而东风渠和七里河沉积物中微塑料纤维多为白色或透明纤维,可能主要来源于生活污水中衣物等纺织物品脱落产生的微塑料纤维。Browne 等^[34]通过对家用洗衣机开展的洗涤实验表明,一件衣服可以产生至少 1 900 个纤维。因此,衣物洗涤产生的生活污水的排放可能是河道纤维状微塑料的主要来源。薄膜状微塑料多为无规则的透明片状,成分主要为聚丙烯,可能主要来源于农用薄膜及塑料包装袋。索须河沉积物中薄膜状微塑料比例高可能是由于索须河位于城郊,周围农田使用塑料地膜较多引起的。球形微塑料在研究区域均有发现,表面较为光滑,颜色多为透明和半透明,主要成分为聚乙烯、聚丙烯,这与香港沿海水域针对塑料微珠的研究^[35]所分离的塑料微珠的颜色和结构较为一致。而琥珀色的树脂小球的主要成分为聚酯树脂。球形微塑料可能的来源主要为日常生活中所用到的洗护用品洗面奶、沐浴露和牙膏等中含有的磨砂颗粒以及塑料生产加工过程中所使用的塑料小球、树脂、工业磨料中的小塑料丸。美国劳伦森大湖沉积物中微塑料以球状为主,主要来自清洁用品(如沐浴露、洗面

奶)中的颗粒添加物^[36]。Peng 等^[23]在上海市六个河道中均发现成分为聚丙烯的白色球形微塑料且占据了微塑料形状的绝大多数。



(a)纤维状,(b)碎片状,(c)薄膜状,(d)球形。Lovins 显微坐标玻片中最小刻度为 100 μm 。(a) Fiber, (b) Fragment, (c) Film, (d) Pellet. The smallest division on the Lovins Micro-Slide Field Finder is 100 μm .)

图3 郑州市河道沉积物中微塑料典型形貌

Fig.3 Typical photographs of microplastics collected from the sediments of Zhengzhou urban rivers

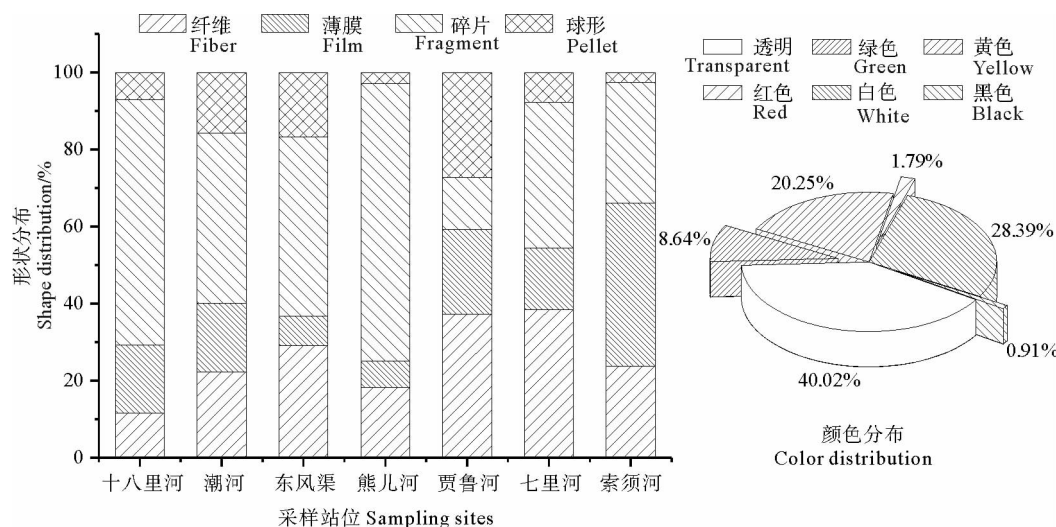


图4 各采样站点不同形状微塑料相对丰度及总体颜色分布特征

Fig.4 Relative abundance of microplastics of different shapes in sediments of sampling sites and overall color distribution

2.3 河道沉积物中的微塑料粒径分布

微塑料粒径分布结果(见图6)中,各河道沉积物中微塑料粒径小于 1 mm 的尺寸占总量比例为:潮河和索须河达 90%以上,东风渠、贾鲁河、七里河均在 80%以上,十八里河、熊儿河分别为 78.4%、46.8%。其中,潮河、索须河、贾鲁河沉积物中微塑料小尺寸占比较高可能主要来由于微塑料污染多来自于周围农田使用的编

织袋、地膜等易破碎成小颗粒。东风渠、十八里河、熊儿河河水流动性差,微塑料污染主要来自河流周围的人为活动、生活污水及工厂废水。总的来看,郑州市河道沉积物中微塑料以小于 1 mm 的小尺寸微塑料为主,这一尺寸分布结果与报道的太湖、鄱阳湖和长江河口湾沉积物中微塑料尺寸均以 <1 mm 为主^[15,29,37]的研究结果一致。小尺寸微塑料(<1 mm)往往具有更大

的比表面积,能够富集大量的环境污染物,包括重金属离子^[38]、持久性有机污染物^[39-40]、环境激素^[41]等,微塑料作为这些污染物的载体,易被生物所摄食,因此,更小尺寸的微塑料在生态环境中具有更大的潜在生态风险,需要密切关注。此外,在微塑料统计分析过程中还发现,球形微塑料的粒径均在0.038~0.1 mm之间,而纤维、碎片、薄膜状微塑料尺寸一般大于0.15 mm,与上述关于球形微珠直接来自于生活及工业用品中添加的塑料微珠,纤维、碎片、薄膜状微塑料主要来自于塑料制品裂解的推断一致。

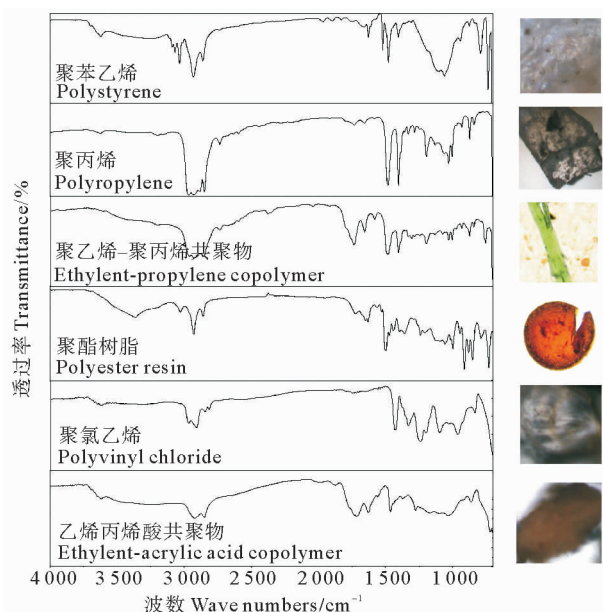


图5 郑州市河道沉积物中典型微塑料傅里叶变换显微红外光谱图

Fig.5 Fourier transform infrared microscopy (μ -FTIR) of typical microplastics in sediments of Zhengzhou urban rivers

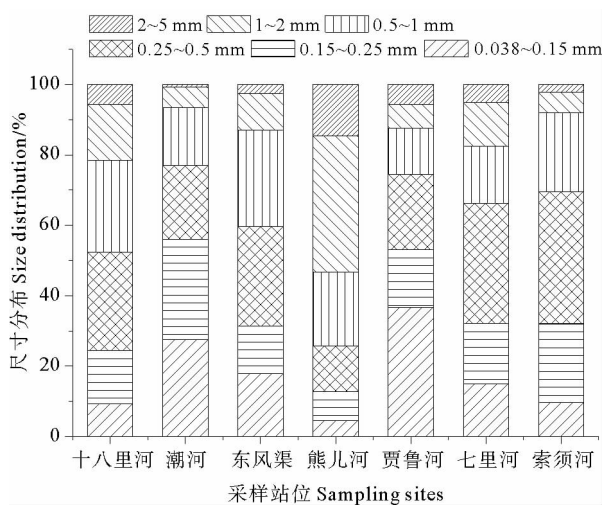


图6 郑州市河道沉积物中微塑料粒径分布

Fig.6 Size distribution of microplastics in sediments of Zhengzhou urban rivers

3 结论

(1) 郑州市主要河道沉积物中微塑料丰度为(以干重计):(2 412±188)~(7 638±1 312)个·kg⁻¹,平均丰度为(以干重计):(4 388±713)个·kg⁻¹。河道微塑料污染与人类活动密切相关。相比国内外其他城市河道,郑州市河道中的微塑料污染呈中高污染水平。

(2) 郑州市河道沉积物中微塑料形状以碎片状和纤维状为主;微塑料颜色以透明色为主,其次为白色;微塑料主要成分有聚丙烯、聚乙烯、聚乙烯聚丙烯共聚物、聚苯乙烯、聚酯树脂、聚氯乙烯、乙烯-丙烯酸共聚物。

(3) 郑州市河道沉积物中微塑料以小于1 mm的小尺寸微塑料为主。球形微塑料的粒径较小,在0.038~0.1 mm之间,主要来自于生活及工业用品中添加的塑料微珠;而纤维、碎片、薄膜状微塑料尺寸一般大于0.15 mm,主要来自于衣物洗涤纺织品脱落及塑料制品的裂解。

参考文献:

- [1] Gallagher A, Rees A, Rowe R, et al. Microplastics in the Solent estuarine complex, UK: An initial assessment[J]. Marine Pollution Bulletin, 2016, 102(2): 243-249.
- [2] Mohamed Nor N H, Obbard J P. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems[J]. Marine Pollution Bulletin, 2014, 79(1-2): 278-283.
- [3] Law K L. Plastics in the marine environment[J]. Annual Review of Marine Science, 2017, 9: 205-229.
- [4] Imran M, Das K R, Naik M M. Co-selection of multi-antibiotic resistance in bacterial pathogens in metal and microplastic contaminated environments: An emerging health threat[J]. Chemosphere, 2019, 215: 846-857.
- [5] UNEP. Single-use Plastics: A Roadmap for Sustainability. United Nations Environment Programme[EB]. 2018. <http://hdl.handle.net/20.500.11822/25496>
- [6] Li J, Liu H, Chen J P. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection[J]. Water Research, 2018, 137: 362-374.
- [7] Silva A B, Bastos A S, Justino C I L, et al. Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry-A review[J]. Analytica Chimica Acta, 2018, 1017: 1-19.
- [8] Wright S L, Thompson R C, Galloway T S. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review[J]. Environmental Pollution, 2013, 178: 483-492.
- [9] Hidalgo-Ruz V, Gutow L, Thompson R C, et al. Microplastics in marine environment review of methods for identification and quantification[J]. Environmental Science and Technology, 2012, 46(6): 3060-3075.
- [10] Horton A A, Walton A, Spurgeon D J, et al. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research

- priorities[J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 586: 127-141.
- [11] 李道季. 海洋微塑料污染状况及其应对措施建议[J]. *环境科学研究*, 2019, 32(2): 197-202.
- Li D J. Research advance and countermeasures on marine microplastic pollution[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2019, 32(2): 197-202.
- [12] Rillig M C. Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil[J]. *Environmental Science and Technology*, 2012, 46(12): 6453-6454.
- [13] Andrady A L. Microplastics in the marine environment[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2011, 62(8): 1596-1605.
- [14] Wang W, Ndungu A W, Li Z, et al. Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China[J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 575: 1369-1374.
- [15] Su L, Xue Y, Li L, et al. Microplastics in taihu lake, China[J]. *Environmental Pollution*, 2016, 216: 711-719.
- [16] Zhang K, Su J, Xiong X, et al. Microplastic pollution of lake-shore sediments from remote lakes in Tibet plateau, China[J]. *Environmental Pollution*, 2016, 219: 450-455.
- [17] Eriksen M, Mason S, Wilson S, et al. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2013, 77(1-2): 177-182.
- [18] 简敏菲, 周隆胤, 余厚平, 等. 鄱阳湖-饶河入湖段湿地底泥中微塑料的分离及其表面形貌特征[J]. *环境科学学报*, 2018, 38(2): 579-586.
- Jian M F, Zhou L Y, Yu H P, et al. Separation and microscopic study of microplastics from the sediments of the wetland in the estuary of Raohe River of Poyang Lake[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2018, 38(2): 579-586.
- [19] Zhao S, Zhu L, Wang T, et al. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2014, 86(1-2): 562-568.
- [20] 罗文雅. 长三角地区不同水域环境中微塑料污染特征研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2019.
- Luo W Y. Microplastic Pollution in Different Waters from Yangtze River Delta, China[D]. Shanghai: East China Normal University, 2019.
- [21] 徐沛, 彭谷雨, 朱礼鑫, 等. 长江口微塑料时空分布及风险评价[J]. *中国环境科学*, 2019, 39(5): 2071-2077.
- Xu P, Peng G Y, Zhu L X, et al. Spatial-temporal distribution and pollution load of microplastics in the Changjiang Estuary[J]. *China Environmental Science*, 2019, 39(5): 2071-2077.
- [22] 高丰蕾. 海洋微塑料的分离方法建立及对重金属吸附特征研究[D]. 青岛: 自然资源部第一海洋研究所, 2018.
- Gao F L. Study on Isolation Method of Microplastics in Marine Environment and Adsorption of Heavy Metals[D]. Qingdao: First Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, 2018.
- [23] Peng G, Xu P, Zhu B, et al. Microplastics in freshwater river sediments in Shanghai, China: A case study of risk assessment in mega-cities[J]. *Environmental Pollution*, 2018, 234: 448-456.
- [24] 高凡. 内陆城市河流和污水厂中微塑料赋存特征研究[D]. 西安: 西安工业大学, 2020.
- Gao F. Occurrence of Microplastics in Rivers and Sewage Plants in Inland Cities[D]. Xi'an: Xi'an Technological University, 2020.
- [25] Wang Z, Su B, Xu X, et al. Preferential accumulation of small (< 300 μm) microplastics in the sediments of a coastal plain river network in eastern China[J]. *Water Research*, 2018, 144: 393-401.
- [26] Lin L, Zuo L Z, Peng J P, et al. Occurrence and distribution of microplastics in an urban river: A case study in the Pearl River along Guangzhou City, China[J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 644: 375-381.
- [27] 赵昕, 陈浩, 贾其隆, 等. 城市河道表层水及沉积物中微塑料的污染现状与污染行为[J]. *环境科学*, 2020, 8: 3612-3620.
- Zhao X, Chen H, Jia Q L, et al. Pollution status and pollution behavior of microplastic in surface water and sediment of urban rivers[J]. *Environmental Science*, 2020, 8: 3612-3620.
- [28] 王璇, 牛司平, 宋小龙, 等. 城市湖泊沉积物微塑料污染特征[J]. *环境科学*, 2020, 41(7): 3240-3248.
- Wang X, Niu S P, Song X L, et al. Characterization of microplastic pollution of sediments from Urban Lakes[J]. *Environmental Science*, 2020, 41(7): 3240-3248.
- [29] 刘淑丽, 简敏菲, 周隆胤, 等. 鄱阳湖-赣江各支入湖段沉积物中微塑料分布及其组成特征[J]. *土壤学报*, 2020, 57(4): 908-916.
- Liu S L, Jian M F, Zhou L Y, et al. Distribution and composition of microplastics in sediments in the estuaries of the Ganjiang River leading into Lake Poyang[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2020, 57(4): 908-916.
- [30] 亓会英, 王元元, 张大海, 等. 墨水河沉积物中微塑料的丰度、形态及其空间分布[J]. *海洋湖泊通报*, 2019(3): 69-77.
- Qi H Y, Wang Y Y, Zhang D H, et al. Microplastics in Moshui River sediment: Abundance, morphology and spatial distribution[J]. *Transaction of Oceanology and Limnology*, 2019(3): 69-77.
- [31] Deng J, Guo P, Zhang X, et al. Microplastics and accumulated heavy metals in restored mangrove wetland surface sediments at Jinjiang Estuary (Fujian, China)[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2020, 159: 111482.
- [32] 周泽妍, 王思琦, 张盼月, 等. 白洋淀一府河入淀口段沉积物中微塑料的丰度及分布特征[J]. *环境工程学报*, 2021, 15(1): 360-367.
- Zhou Z Y, Wang S Q, Zhang P Y, et al. Microplastic abundance and distribution in sediments of Fuhe River estuary into the Baiyangdian Lake[J]. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 2021, 15(1): 360-367.
- [33] Horton A A, Svendsen C, Williams R J, et al. Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK: Abundance, sources and methods for effective quantification[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2017, 114(1): 218-226.
- [34] Browne M A, Crump P, Niven S J, et al. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks[J]. *Environmental Science and Technology*, 2011, 45(21): 9175-9179.
- [35] So W K, Chan K, Not C. Abundance of plastic microbeads in Hong Kong coastal water[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2018, 133: 500-505.
- [36] Eriksen M, Mason S, Wilson S, et al. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes[J]. *Marine Pol-*

- lution Bulletin, 2013, 77(1-2): 177-182.
- [37] Peng G, Zhu B, Yang D, et al. Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China[J]. Environmental Pollution, 2017, 225: 283-290.
- [38] Ta A T, Babel S. Microplastics pollution with heavy metals in the aquaculture zone of the Chao Phraya River Estuary, Thailand[J]. Marine Pollution Bulletin, 2020, 161: 111747.
- [39] Yazdani Foshtomi M, Oryan S, Taheri M, et al. Composition and abundance of microplastics in surface sediments and their interaction with sedimentary heavy metals, PAHs and TPH (total petroleum hydrocarbons)[J]. Marine Pollution Bulletin, 2019, 149: 110655.
- [40] Wang W, Wang J. Comparative evaluation of sorption kinetics and isotherms of pyrene onto microplastics[J]. Chemosphere, 2018, 193: 567-573.
- [41] Teuten E L, Saquing J M, Knappe D R U, et al. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2009, 364(1526): 2027-2045.

Characteristics of Microplastic Pollution in Sediments of Zhengzhou Urban Rivers

Song Dandan, Wang Xiuli, Shang Yujun, Pang Haiyan, Song Xiaoyu,

Zhuang Yuwei, Guo Hui, Zhang Qian, Zhang Jinyu

(High and New Technology Research Center of Henan Academy of Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Microplastics have received widespread attention as an emerging contaminant. The present understanding of microplastics pollution is primarily focused on marine environments, very limited information is currently available on pollution characteristics of microplastics in freshwater ecosystems. Compared with some freshwater system with low population density, urban rivers along the megacity with a high population density are suspected to be particularly vulnerable to microplastic pollution. In this study, microplastics in surface sediments of Zhengzhou major urban rivers were studied. Microplastics were separated by flotation method, and the abundance, shape, size, color and type of microplastics were identified under stereo light microscope and Fourier transform infrared microscopy (μ -FTIR). The abundance of microplastics ranged from $(2\,412 \pm 187.5)$ to $(7\,638 \pm 1\,312)$ items $\cdot \text{kg}^{-1}$ dry sediment, and the average abundance of microplastics in sediments of Zhengzhou urban rivers was $(4\,388 \pm 713)$ items $\cdot \text{kg}^{-1}$ dry sediment. Among all the collected microplastics, fragment and fibre were the dominant microplastic shapes, following film and pellet. Seven types of microplastics with different chemical compositions were identified: polypropylene, polyethylene, ethylene-propylene copolymer, polystyrene, polyester resin, polyvinyl chloride, and ethylene-acrylic acid copolymer. Microplastics (size <1 mm) in sediments comprised more than 80% of total number in most of sampling sites. The urban rivers in Zhengzhou had above-average microplastic pollution relative to that in other places around the world. It is suggested that intense human activity are important factor for microplastic accumulation and distribution in the urban rivers. This study can provide valuable points of reference to better understanding microplastic pollution in urban rivers.

Key words: microplastics; urban rivers; sediments; abundance; type; size

责任编辑 徐 环